

各種飽和度の圧縮ベントナイト供試体の試作

名城大学 学生会員 元山泰久・平手寿大
名城大学 正会員 小高猛司

1. はじめに

地層処分の緩衝材として用いられる圧縮ベントナイトは、不飽和状態での施工後、地下水による再冠水によって飽和状態となる。著者らは、圧縮ベントナイトの力学特性を把握するために、不飽和および飽和供試体を用いて一面せん断試験を実施した結果、両者のせん断特性が大きく異なることを示した¹⁾。地層処分場を合理的かつ安全に設計、施工、維持管理するためには、不飽和から飽和に至るまでの遷移領域における圧縮ベントナイトの力学特性を把握することが急務である。しかし、ベントナイトは加水によって急激に膨張するために、所定の飽和度で、かつ均一な含水比の供試体を作製することは容易ではない。本報では、加水による方法と砕氷を混合する方法の2種類で供試体を作製し、それぞれの評価を行った。

2. 供試体作製方法

試料はベントナイト（クニゲル V1, 初期含水比 10%）に珪砂 6 号を乾燥質量比にして 30%混合したものであり、これを圧縮成型して供試体を作製する。本報では、圧縮成型後の矩形供試体（縦 5cm×横 5cm×厚さ 4cm）の乾燥密度を 1.60Mg/m^3 とし、目標含水比を 15, 20, 25%とする。

①加水による含水量調整法（加水法）

図 1 に示すように、バット内に試料を均等に広げ、霧吹きで蒸留水を吹き付けながら、スプーンで十分に攪拌する。ベントナイトは加水により団粒化しやすいため、目標含水比より 2%高く含水調整をした後、団粒化してしまった部分を取り除いた試料のみを圧縮成型して供試体を作製する。



図 1 霧吹きによる加水



図 2 砕氷の混合

②砕氷混合による含水量調整（砕氷混合法）

図 2 に示すように、試料に粉碎した細かい氷を所定の質量分加えて攪拌機で十分に攪拌した上で、試料中の砕氷が融解する前に供試体を圧縮成型する。その後、砕氷が融解しベントナイトが膨潤反応するが、その過程で計測される膨潤圧が一定となるまで、体積拘束した状態で放置する。砕氷を攪拌するまでの作業はすべて冷凍庫内で実施し、試料ならびに圧縮成型に使用する鋼製箱などは、作業前に冷凍庫に入れて十分に低温にしておく。加水法との最大の違いは、ベントナイトが吸水膨張する前に供試体を圧縮成型することである。



(a) 加水法

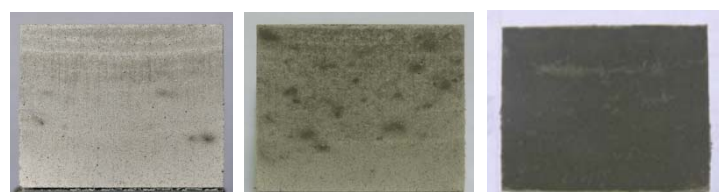


(b) 砕氷混合

図 3 含水量調整後の試料（目標含水比 25%）

3. 試験結果

図 3 は含水量調整後の圧縮成型直前の試料である。加水法では、水と接触する表面のベントナイトから膨潤反応するため、それに伴い発生する増粘性によって団粒化しやすい。砕氷混合では、混合時にベントナイトは膨潤反応しないために、試



目標含水比 15%

目標含水比 20%

目標含水比 25%



目標含水比 15%



目標含水比 20%



目標含水比 25%

図 4 圧縮成型後の供試体（上段：加水法，下段：砕氷混合法）

料に変化は見られない。それぞれを圧縮成型して、体積拘束した状態で 12 時間程度置いた供試体を図 4 に示す。いずれも、色が濃いほど含水量が高いと考えて良い。加水法による目標含水比 15, 20% の供試体では、多少団粒化した試料を含有しているため、局所的に含水量の高い領域が見られる。一方、砕氷混合法では、氷の粒が粗いためか、特に目標含水比 20% の供試体では含水量の不均一性が著しい。表 1 は供試体全体の含水量を計測した結果であるが、いずれの作製法においても目標含水比よりも低い値となった。

図 5 は供試体乾燥密度と飽和度の理論曲線である。乾燥密度 1.60Mg/m^3 の供試体であれば、含水比 25% で圧縮成型すれば、容易に飽和供試体が作製できることになる。実際に、砕氷混合法では飽和度 92.7% と高い飽和度を示している。次に、局所的な均一性を検証するために、図 6 のように、供試体を上部・中央部・下部に 3 分割し、さらにそれぞれ 9 分割することにより供試体各所の含水比を計測した。含水比 1% の低下につき飽和度 4% 程度の低下となるため、含水比調整の許容値を目標含水比の $\pm 1\%$ と設定した。

図 7 に砕氷混合法による供試体の計測結果を示す。図中の数字は含水比であり、許容値の場合は白、許容値を超えて高い場合は青、低い場合は赤で表している。色の濃度は、含水比が 1% 増減毎に濃くしている。相対的に供試体上部の含水比が低いが、供試体成型後の放置期間に供試体上部から水分が蒸発したと考えられる。図 4 では砕氷混合法による供試体は不均一に見えるが、27 分割した個々の領域には均一に砕氷が分布していたことがわかる。さらに細分化した領域での均一性を高めるには、砕氷粒をさらに細かくするなどの方策が必要である。一方、加水法では、特に高い目標含水比において、目標値との差が大きくなっており、その点の対策が必要である。

4. まとめ

本報では供試体作製に主眼をおいて報告したが、今後は各種飽和度の供試体による力学試験を実施してゆく計画である。なお本研究は、中部電力基礎研究所の補助を受けて実施している。記して謝意を示す。

4. まとめ

本報では供試体作製に主眼をおいて報告したが、今後は各種飽和度の供試体による力学試験を実施してゆく計画である。なお本研究は、中部電力基礎研究所の補助を受けて実施している。記して謝意を示す。

参考文献: 1) 小高ら, 不飽和および飽和条件下での圧縮ベントナイトのせん断破壊特性, 地盤工学ジャーナル, 4(1), 59-69, 2009.

表 1 供試体の状態を表す諸量

含水比調整方法		加水法			砕氷混合法		
目標含水比		15	20	25	15	20	25
実験結果	含水比(%)	12.4	17.2	21.2	14.2	18.0	23.4
	飽和度(%)	49.1	68.2	84.2	56.1	71.3	92.7

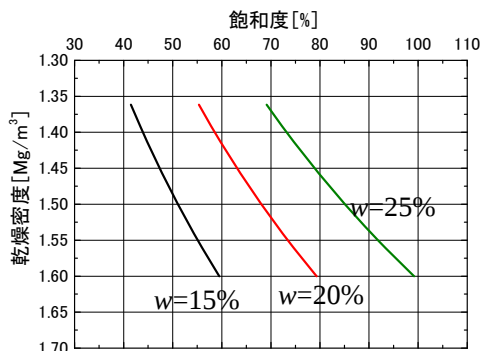


図 5 供試体乾燥密度と飽和度の関係

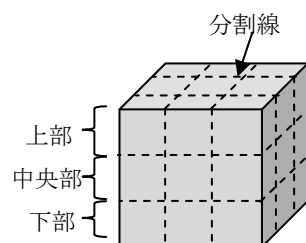


図 6 供試体の切り分け方

13.65	14.36	14.63	13.81	14.18	14.96	14.38	14.22	14.66
13.42	13.41	14.34	13.47	14.08	14.48	14.67	14.40	14.01
13.83	13.21	14.04	14.76	14.41	14.33	14.29	13.74	14.36

上部

中央部

下部

17.13	17.56	17.58	18.03	18.84	19.13	18.02	19.34	19.71
17.31	17.65	17.08	18.38	18.44	18.56	17.19	18.89	18.97
16.67	17.03	16.79	17.69	18.58	18.57	17.05	17.10	18.20

上部

中央部

下部

21.89	22.17	22.28	24.12	24.59	24.96	22.2	25.56	24.68
21.60	22.67	22.77	23.57	24.6	24.7	24.36	24.5	23.65
21.59	21.80	22.20	22.86	23.49	23.55	23.37	23.09	23.93

上部

中央部

下部

図 7 供試体各所における含水比

(目標含水比, 上段: 15%, 中段: 20%, 下段: 25%)